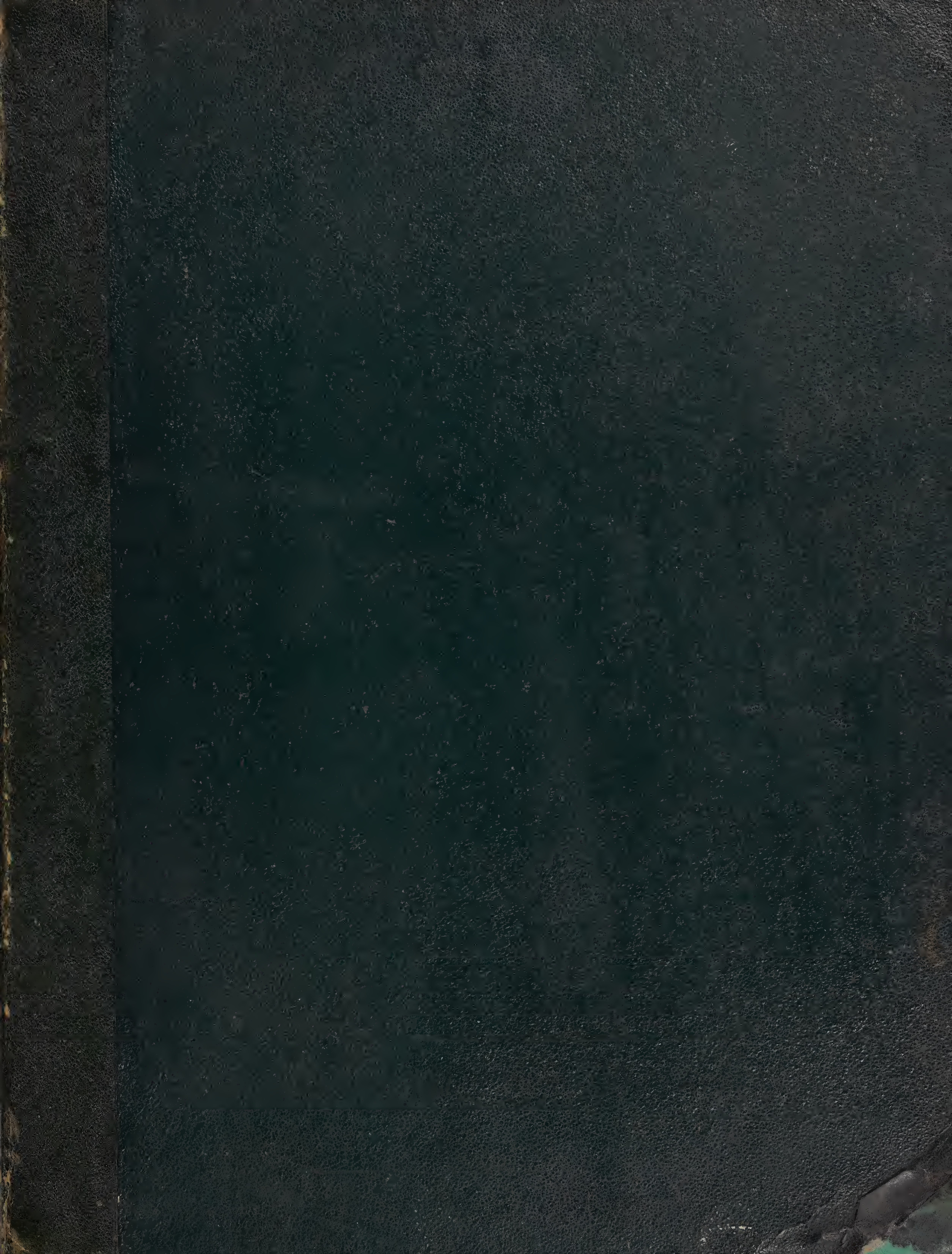
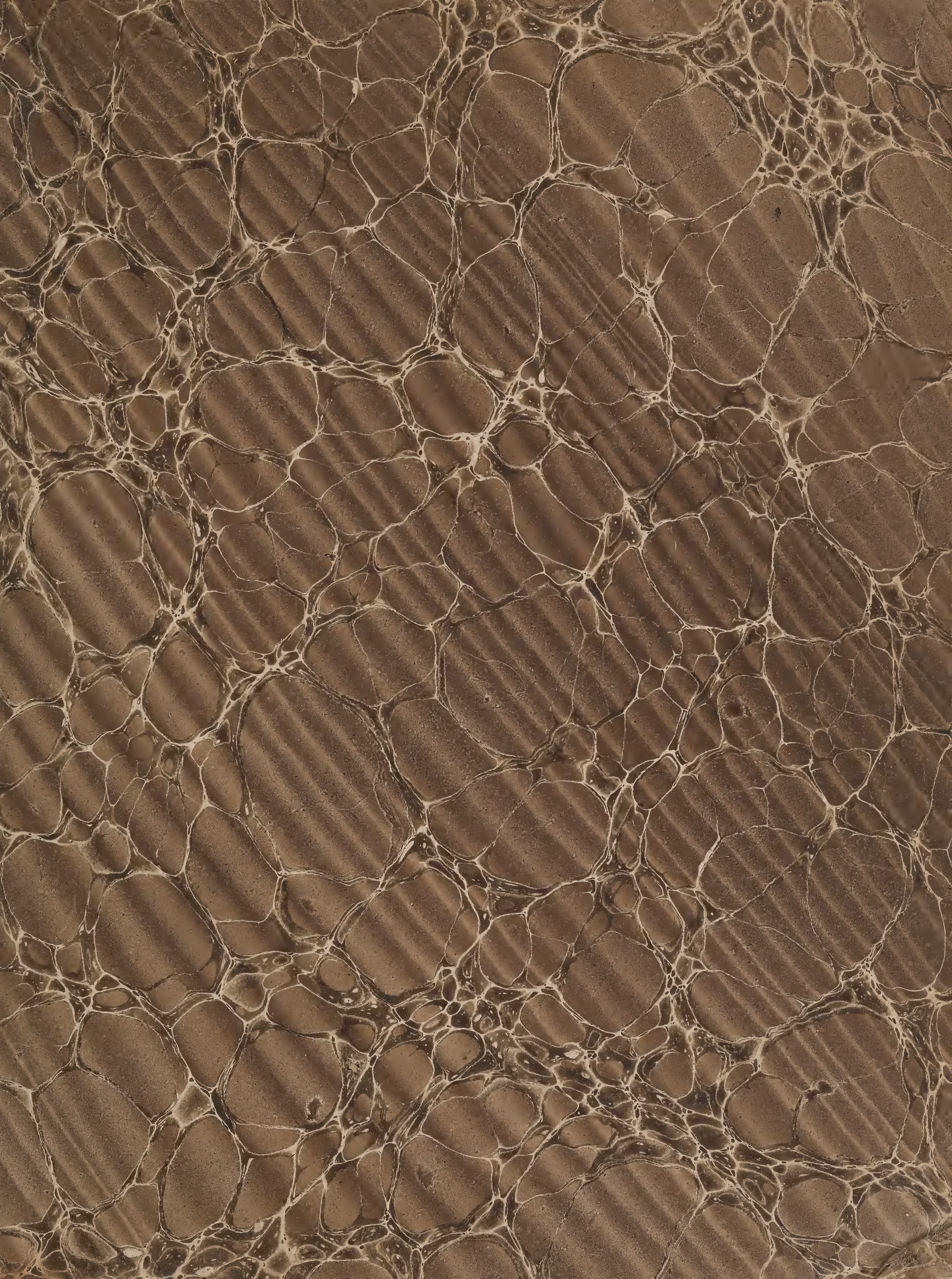
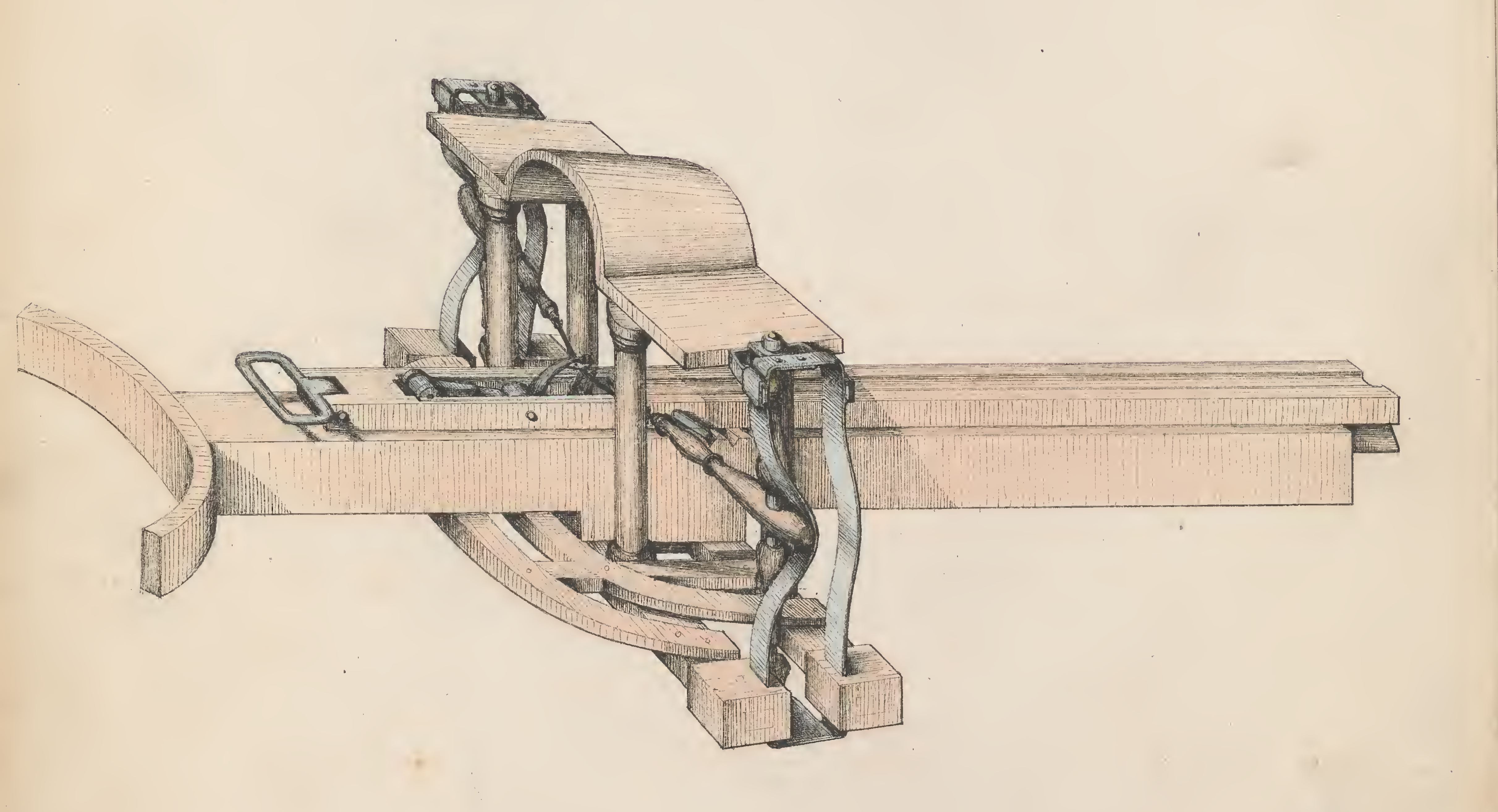



BURNDY
LIBRARY
Chartered in 1941
GIFT OF



Vue perspective de la Chirobaliste

réduite au cinquième.



Dessiné par V. Prou.

A Sa Majesté

NAPOLEON III

Empereur des Français

Essai de restitution

de la

Chirobaliste

d'Héron d'Alexandrie

disciple de Ctésibius

d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale

et d'autres documents.

par Vincent

1862

Sire,

Cette traduction du Traité de la chirobaliste de Héron d'Alexandrie, dont je viens offrir l'hommage à Votre Majesté, forme le complément des traductions du traité de la Bélopée du même auteur, et de celui de Philon sur le même sujet, que j'ai eu l'honneur de Lui transmettre précédemment par les mains de M. le Colonel Favé.

Ces travaux, Sire, seraient terminés depuis longtemps si le calme qui m'eût été

nécessaire pour les conduire promptement à bonne fin, n'eût été troublé dans ces derniers temps par une cause dont je dois m'abstenir ici de fatiguer l'attention de Votre Majesté.

Le texte du Traité de la chirobaliste est resté inexpliqué jusqu'à ce jour, tant à cause de son état probable de mutilation, que par diverses autres raisons dont il est nécessaire de dire quelques mots.

En premier lieu, cet opuscule paraît être plutôt un recueil de notes et de mesures prises de visu sur une machine déja construite, qu'un véritable traité rédigé par l'inventeur. En effet, on sait qu'Héron d'Alexandrie, disciple de Ctésibius comme il s'intitule lui-même, quoique doué personnellement d'un génie vraiment créateur, s'est rendu non moins célèbre en reproduisant et vulgarisant les découvertes de son maître, qu'en inventant des machines qui lui appartinssent en propre; et quant à celle qui nous occupe, nous avons bien ici la description plus ou moins complète des diverses pièces dont elle se compose, mais rien sur la méthode nécessaire pour les assembler, rien

sur la manière dont elles fonctionnent, rien enfin sur la force motrice qui doit les mettre en jeu et leur donner la vie.

Faut-il s'étonner après cela que divers chapitres de ce traité, par exemple ceux où l'auteur parle des Cambestria[1], du Camarion, aient pu être considérés comme des traités distincts, tandis qu'il ne fallait y voir que la description des diverses parties d'un même engin ? De telle sorte que les derniers éditeurs des écrivains grecs sur l'art militaire, H. Kœchly et W. Rüstow, ont renoncé même à faire une réimpression pure et simple du texte grec du traité de la chirobaliste, déclarant, après Baldi[2], que jusqu'ici cet ouvrage était resté inintelligible[3].

---

(1)-Ci-après, § III.

(2)-Heronis Alexandrini vita (Aug. Vind., 1616, p. 72.) — Voyez aussi Th. H. Martin, Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie (dans les Mémoires présentés par divers savants, à l'académie des Inscriptions et Belles-Lettres, tom. IV, 1854, p. 39).

(3)- **Griechische Kriegsschriftsteller** (tome 1er, p. 199) : deren Verständniß uns aber bis jetzt verschlossen geblieben ist, das wir folglich auch dem Publicum nicht vorlegen konnten.

En effet, outre les difficultés que peut offrir en général un texte littéraire des plus corrompus, on en rencontre ici d'autres non moins graves qui résultent, soit des lettres numérales, soit des lettres indicatives des figures la plupart du temps interverties, faussées ou entièrement omises; de plus encore, la grossièreté du dessin de ces mêmes figures, qui deviennent à tel point différentes suivant les divers manuscrits, qu'il est souvent impossible de déterminer l'objet réel qu'elles avaient pour but de représenter.

Il ne fallait donc, Sire, rien moins que le désir de témoigner mon profond dévouement à Votre Majesté, pour me décider à entreprendre la résolution d'un problème que tous mes devanciers avaient jugé insoluble, et à braver la crainte ou le ridicule de le laisser tel encore à mes successeurs.

Quoi qu'il en soit, enhardi par les faibles lueurs que je crus apercevoir au travers des figures adjointes au texte de ce traité tel que les manuscrits nous le font connaître, ainsi que

par les notions spéciales auxquelles je me trouvais initié par mes traductions précédentes, je me mis à l'œuvre.

Le titre du traité, chirobaliste ou baliste à main, indiquait suffisamment qu'il s'agissait là d'une arme portative destinée à lancer principalement des masses telles que pierres, balles ou légers boulets comparables à nos biscaïens, etc., tandis que d'un autre côté, les parties composant la planche I (ci-après) faisaient voir clairement que l'arme était une sorte de gastraphète[1] devant servir à lancer également des projectiles aigus, ce qui d'ailleurs est conforme à la signification généralisée du mot baliste telle qu'elle fut admise dès une haute antiquité.

Quelques pièces représentées par les figures suivantes, celles qui composent la batterie (ci-après, planche II), l'échelette ou climakion (planche IV) qui se retrouve ici sous la dénomination déjà connue[2], etc.,

(1) Héron, Bélopée p. 126 de la collection des Mathematici Veteres, § II de ma traduction.

(2) Id. ibid. p. 136, et § VI.

confirmèrent ce premier aperçu.

La planche III (fig. 1) rappelait trop bien la forme des parastates[1] pour que je pusse hésiter à y reconnaître cette partie notable des machines déjà étudiées.

Enfin, la petite arcade nommée camarion, représentée dans la planche IV, ne trouvait-elle pas son explication naturelle dans les dessins des machines de la Colonne Trajane, de même que celles-ci paraissaient s'expliquer par celle-là ?

J'étais encore loin du but; cependant il commençait à m'apparaître assez distinctement, pour qu'un essai de restitution du texte (autant que cette opération était possible) dût être tenté; et c'est par là que j'eus à commencer mon travail.

Mais je compris que le concours d'un habile praticien me serait nécessaire pour élucider aussi complètement que possible

---

(1) Ibid. p. 132, § V.

les questions de détail qui se présentèrent. Dans l'absence regrettable de Mr. de Reffye, je réclamai la collaboration d'un jeune mécanicien Mr. V. Prou[1], qui, malheureusement, entraîné par des recherches personnelles relatives aux mécanismes employés sur les chemins de fer, ne pût me seconder jusqu'à la fin de mon travail; et c'ést au dévouement de Mr. le Commandant **Demarest** pour tout ce qui peut intéresser Votre Majesté, c'ést à son talent rehaussé par une modestie sans égale, que je dois d'être enfin parvenu à la mise au net définitive des dessins (seulement ébauchés) dont j'avais entrepris d'accompagner ma traduction.

Un point qui m'arrêta quelque temps, fut la détermination de la nature de la force motrice, question que le texte et les figures semblaient laisser entièrement dans

---

(1) Voir, folio 24, la photographie d'une machine balistique, aérotone et chalcotone à la fois, que Mr. Prou a fait construire après avoir pris connaissance de mes traductions d'Héron et de Philon, ainsi que de mes premières idées pour la restitution de la chirobaliste.

l'ombre, et qui cependant est trop importante pour que la solution ne s'y trouve pas comprise, au moins implicitement. Toutefois, il résultait évidemment de l'inspection des figures, que la machine ne pouvait être <u>névrotone</u>, c'est à dire que sa force motrice ne pouvait être celle des nerfs[1] ou tendons des animaux, des cheveux ou des crins, comme dans les machines ordinaires.

C'était donc, soit une machine <u>aérotone</u>, c'est à dire mise en jeu par l'air comprimé, et analogue à celle que décrit Philon[2], soit une machine <u>chalcotone</u>[3] ou tirant sa force de ressorts métalliques.

Or, les figures qui ont fourni la planche V (ci-après), telles que je les ai trouvées dans les manuscrits, malgré leur diversité et leur bizarrerie, me paraissaient ne pouvoir représenter autre chose qu'une sorte d'<u>outre</u> dans laquelle l'air était comprimé au moyen d'un piston intérieur, l'office de celui-ci se

---

(1) Non pas simplement des poils, comme je l'avais supposé dans ma traduction d'Héron.

(2) pag. 77 des Math. Vet., § VIII de ma traduction. —— (3) Ibid. p. 67 et suiv., § VI.

trouvant d'ailleurs assuré par un anneau extérieur fixé à l'extrémité d'une tige qui le suivait dans son mouvement, de manière à serrer constamment la peau de l'outre contre ce piston. Par ce moyen, l'air se trouvant emprisonné dans un espace de plus en plus petit, sa pression allait en croissant malgré la perte légère qui devait nécessairement avoir lieu; mais la machine, étant disposée pour que la détente de l'air se fît instantanément et à l'instant même où la compression avait atteint son maximum pratique, l'air, en se dilatant, poussait devant lui le piston dont la tige réagissait sur le projectile, soit directement, soit par l'intermédiaire des <u>bras</u>.

La possibilité et l'efficacité de ce système, appuyé d'ailleurs par la théorie des machines aérotones établie par Philon[1],

---

(1) Lieu cité.

me paraissaient donc évidentes. Malheureusement j'étais obligé, pour lui donner une base philologique d'une suffisante consistance, de changer dans le texte le mot χωνοειδῆ en χωρυχώδη; et quoique l'on se trouve fréquemment obligé dans la restitution des textes, de céder à de semblables nécessités, il n'en résultait pas moins une difficulté grave, qui, fortifiée, je dois le dire, par les objections que mon collaborateur opposait à cette hypothèse, me fit opter en faveur de l'hypothèse contraire, sauf à m'occuper ultérieurement de la machine aérotone de Philon.

L'opinion que la chirobaliste est une machine à ressorts métalliques trouve d'ailleurs sa raison d'être et son appui dans la flexibilité que l'auteur attribue (ci-après, § III) aux cambestria, ainsi nommés sans aucun doute d'après la faculté dont ils jouissent de se courber en cédant à la pression. En effet, cette circonstance importante et caractéristique, confirmée par divers détails accessoires et par l'ensemble parfait qui en résulte dans la

constitution de la machine comme dans son mode d'action, rappelle trop bien, ce me semble, la description que Philon donne[1] de la machine chalcotone, pour que l'on puisse me désapprouver d'en avoir fait la base de ma restitution.[2]

Au reste, Sire, le travail dont je viens offrir l'hommage à Votre Majesté, n'a pas la prétention d'être inattaquable et de braver toute discussion, toute objection. Un problème paraissait désespéré; ce problème intéressait Votre Majesté: j'ai fait tous les efforts dont j'étais capable, pour en obtenir une solution approximative. Si cette approximation peut aider de plus habiles à en trouver une moins contestable, surtout

---

(1) Lieu cité.

(2) Voir A. L. F. Meisteri de catapulta polybola commentatio (Götting. 1768), p. 19; et Th. H. Martin, lieu cité.

si mes efforts peuvent servir à prouver une fois de plus à Votre Majesté mon profond dévouement, le but que je me suis proposé sera atteint.

Daigne Votre Majesté agréer l'expression des sentiments de profond respect et de sincère dévouement avec lesquels je m'honore d'être

Sire

Son très humble
et très fidèle sujet,

Vincent

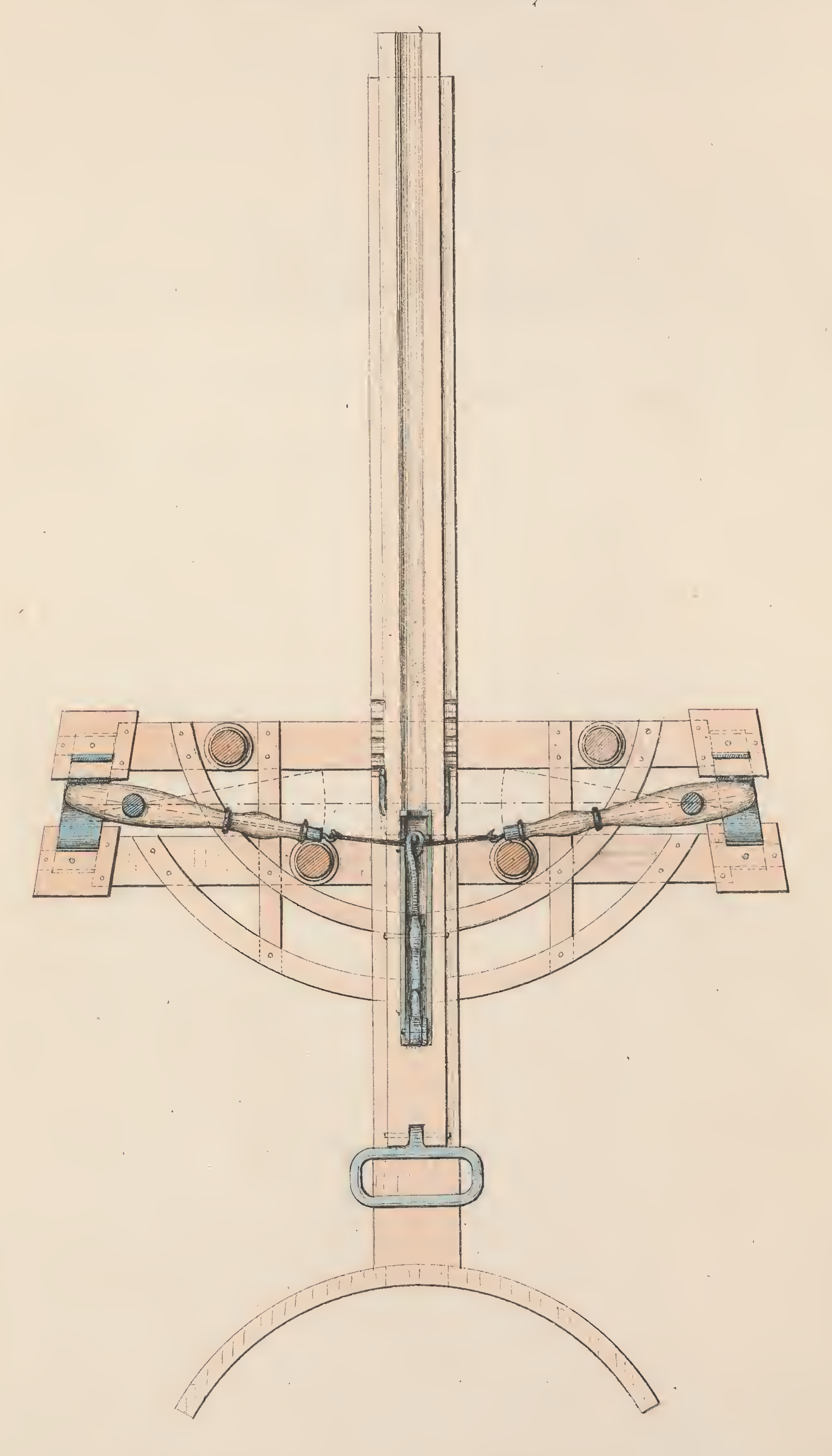
membre de l'Institut Impérial
et de la Légion d'honneur.

Paris le 23 mars 1862

Coupes d'ensemble.

Coupe horizontale de la Chirobaliste,

au niveau de l'axe balistique.

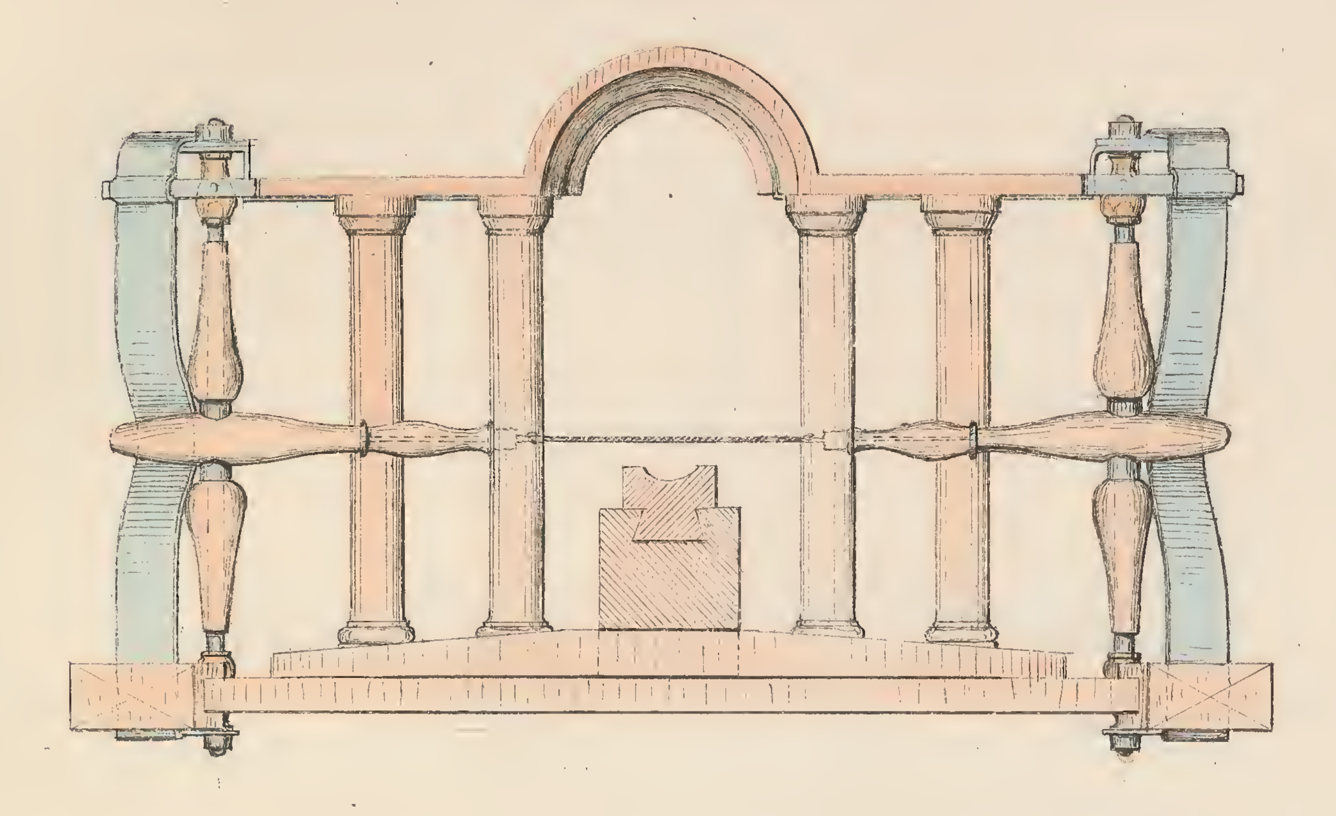


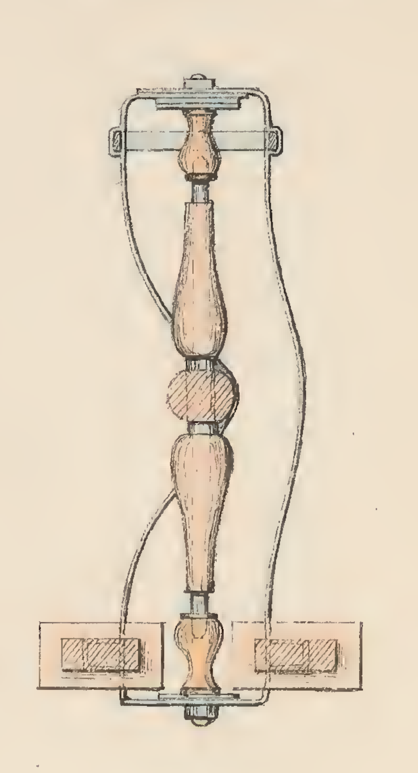
Dessiné par V. Prou.

Planche C.

Coupes verticales de la Chirobaliste.

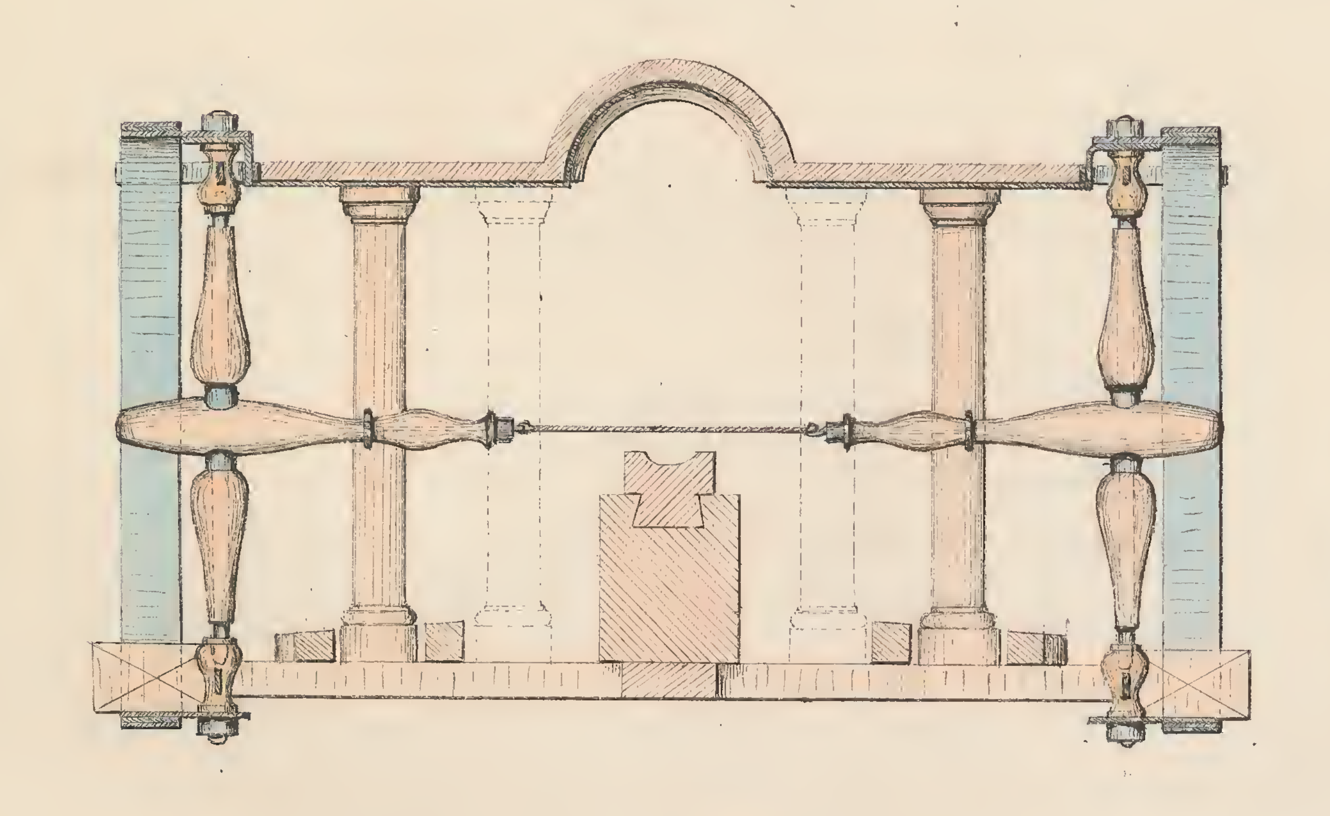
1° En arrière de l'Embrasure. — *2° En travers de l'Embrasure, au droit d'un Pivot.*

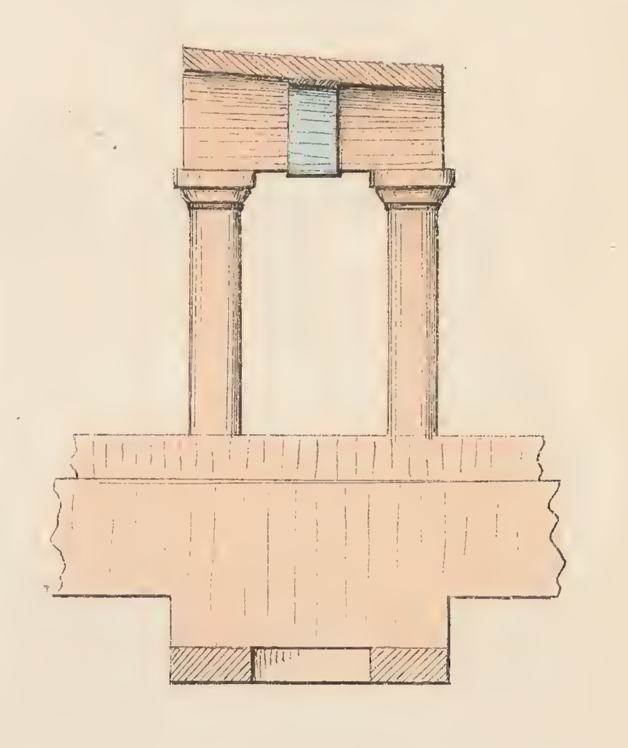




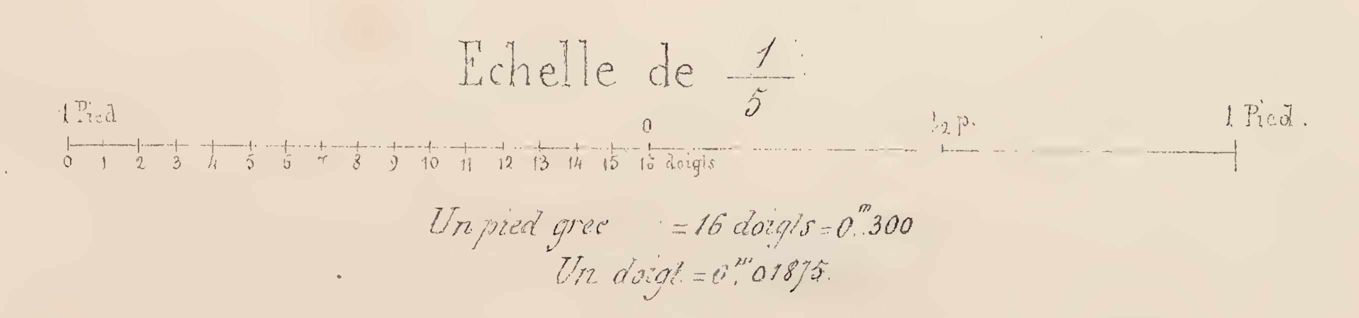
Coupes verticales de l'Embrasure.

1° Suivant le plan des Pivots. — *2° Suivant l'axe balistique.*





Echelle de $\frac{1}{5}$



Un pied grec = 16 doigts = 0ᵐ.300
Un doigt = 0ᵐ.01875.

Dessiné par V. Prou.

Le texte grec des Mathematici veteres et de l'édition de Baldi a été collationné par Mr. Ch. Em. Ruelle sur les manuscrits suivants de la bibliothèque impériale de France :

Nos 2435
" 2436
" 2437
" 2438
" 2439
" 2442
" 2445
" 2521
" 26 du Supplément grec
" 244 —— idem ——

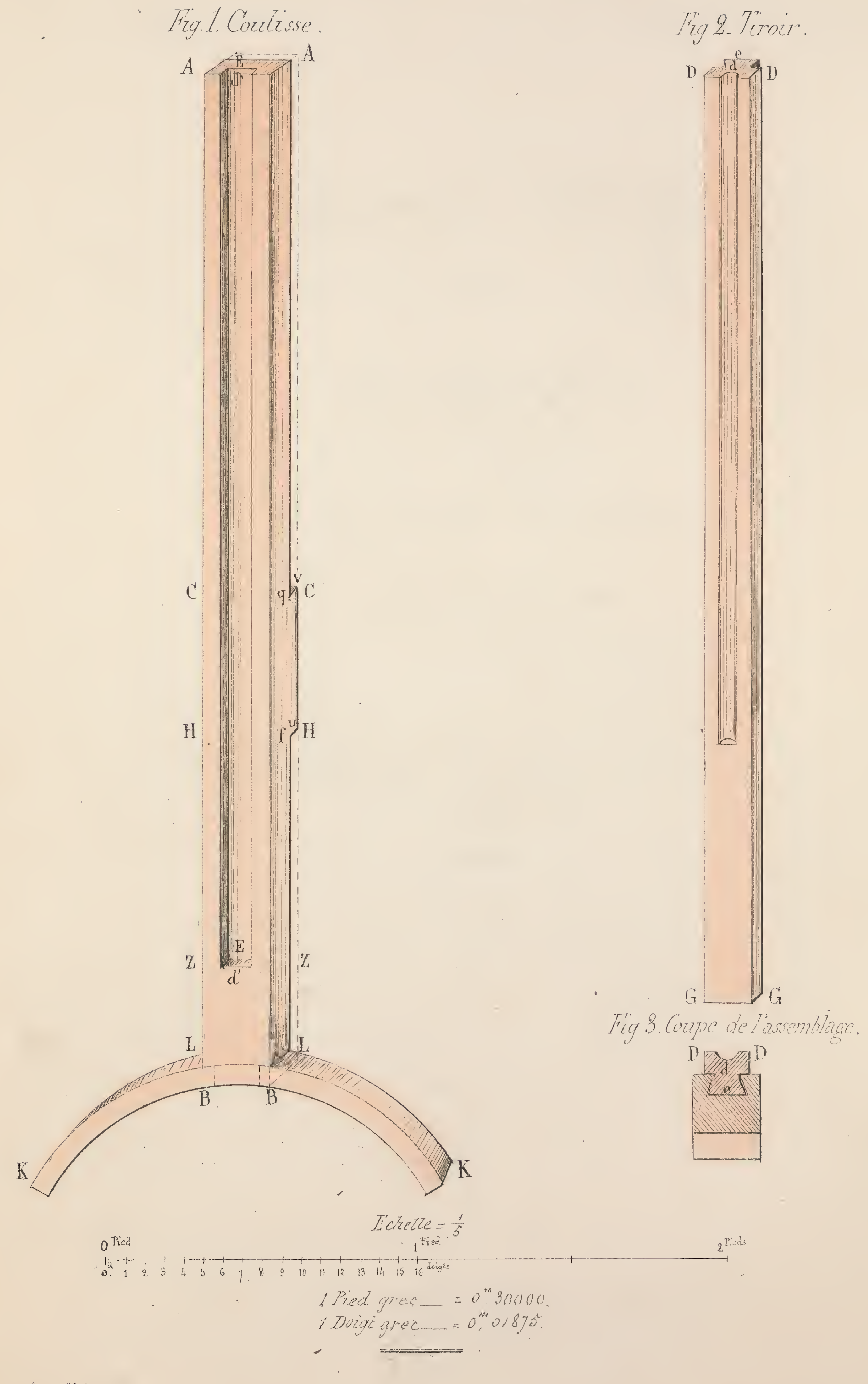
On a fait de plus collationner le texte du manuscrit 140 de la bibliothèque impériale de Vienne (110 du catalogue de Lambecius).

Construction et dimensions de la Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie, disciple de Ctésibius.

[Traduit par A-J-H. VINCENT
Membre de l'Institut Impérial.]

§ I.

Pl. I. — Coulisse et Tiroir.



Echelle = 1/5

0 Pied — 1 Pied — 2 Pieds

0. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 doigts

1 Pied grec = 0^m 30000.

1 Doigt grec = 0^m 01875.

Dessiné par V. Prou.

[§ 1er. Coulisse et Tiroir, Pl. I]

Que l'on prenne deux règles [en bois], assemblées en coulisse à queue d'hironde.

De ces deux règles, désignées par les lettres AB et GD, soit AB la femelle ou la Coulisse (Fig 1), et GD le mâle ou le Tiroir (Fig 2).

La pièce à coulisse AB doit avoir les dimensions suivantes :

Longueur ———————————— 3 pieds 4 doigts (=52 doigts)

Largeur ———————————— 3 doigts ½

Épaisseur ———————————— 4 doigts ½

Les dimensions de la pièce formant Tiroir GD seront d'ailleurs :

Longueur ———————————— 3 pieds (=48 doigts)

Largeur ———————————— environ 2 doigts ½

Épaisseur [sans la languette] ———————————— 1 doigt ¼, soit de (Fig 3).

La rainure de la pièce femelle AB, désignée par d'E (Fig 1), ayant 1 doigt ⅓ de profondeur, est pratiquée de A en Z sur une longueur d'environ 2 pieds ½ et 6 doigts (= 46 doigts).

La longueur ZB restante est ainsi de 6 doigts.

Cela posé, mesurons, sur la pièce AB (Fig 1), une longueur AC de 1 pied ½ et 4 doigts (= 28 doigts), puis [à partir de l'autre bout] une longueur BH de 1 pied 1 doigt (= 17 doigts) : l'intervalle qu'elles laissent entre elles sera une ligne CH longue de 7 doigts.

Ensuite, sur les 4 doigts ½ d'épaisseur de la pièce AB, prenons 1 doigt ½, et entaillons le bois à cette profondeur, d'une part de A en C, et de même, de B en H, de telle sorte que la partie [intermédiaire] CH conserve l'épaisseur primitive de 4 doigts ½, en présentant le contour qvuf. (1)

Soit enfin une crosse à branches recourbées KB, présentant en son milieu une mortaise droite pour recevoir l'about LB de la pièce AB, comme on le voit dans la figure.

Quant au Tiroir GD (Fig 2 et 3), la languette de en queue d'hironde, dont il est muni, s'emboîte dans la rainure de la pièce AB, pratiquée de A en Z, sur la même profondeur d'E (Fig 1) correspondant à l'épaisseur de la languette du Tiroir GD.

---

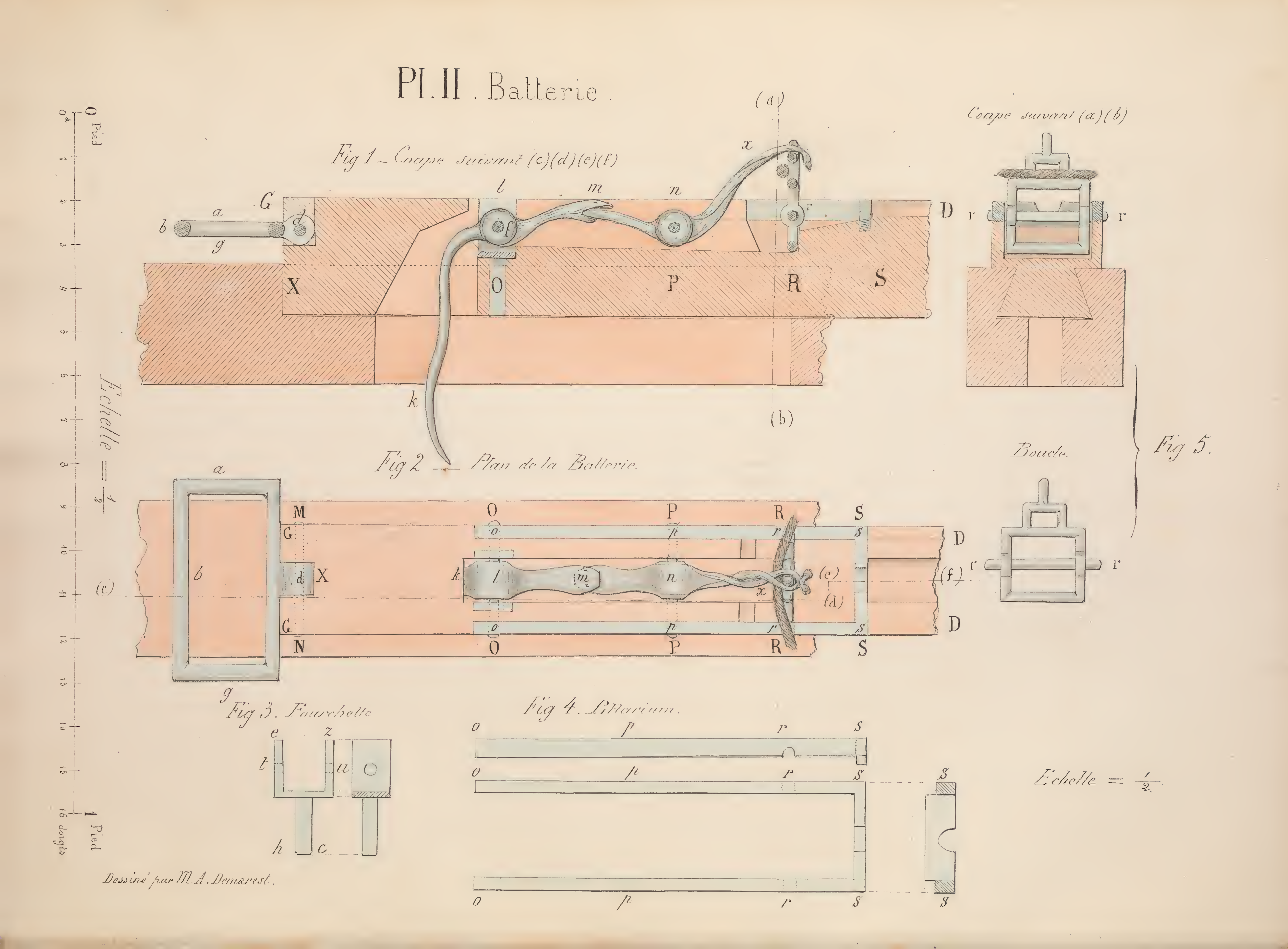
(1) – La surépaisseur laissée au bois en cet endroit a vraisemblablement pour but d'établir

l'axe balistique de l'arme à mi-hauteur de l'embrasure, entre l'Echelette et le toit.

La hauteur de l'embrasure est, en effet (Voir ci-après S.IV), de ——— 13 doigts

Or on a :	Epaisseur de la pièce à coulisse ———	4 doigts ½
	Epaisseur du corps extérieur du Tiroir ———	1 doigt ¼
	Demi-diamètre supposé du projectile ———	1 doigt
	Ensemble ———	6 d. ¾
A déduire :	. . . . la profondeur de la rainure ———	" ¼
	Reste ———	6 d. ½ = ½ de 13 doigts.

§ — II .


Pl. II. Batterie.
Fig 1 _ Coupe suivant (c)(d)(e)(f)
Fig 2 _ Plan de la Batterie.
Fig 3. Fourchette
Fig 4. Pillarium.
Fig 5.
Coupe suivant (a)(b)
Boucle.
Echelle = 1/2
Echelle = 1/2.
0 Pied
1 Pied
16 doigts
Dessiné par M.A. Demarest.

[§ 2e Batterie, Pl. II]

Examinons maintenant les pièces de la Batterie. (1)

Soit d'abord une Poignée de fer abgd (Fig 1 et 2), dont la forme est indiquée par le dessin (Fig. 2); puis, une sorte de pince ezhc (Fig 3), présentant en ez une fourchette ou mâchoire, et en hc un tenon carré.

Soit de plus klm la Détente ou Gachette, mnx le Serpenteau ou chien (Fig 1).

Enfin, soit oprs une pièce [en forme de double équerre ⊓] (Fig 4) appelée Pillarium.

La Poignée abgd (Fig 1 et 2) est percée d'un trou en d. L'extrémité du tiroir GD décrit dans le paragraphe précédent, est également évidée en MN et en X savoir : en MN par un trou rond qui traverse de part en part, et en X par une entaille rectangulaire qui reçoit le tenon de la poigné ci-dessus; une goupille, enfoncée dans les trous M et N du Tiroir et dans le trou d correspondant de la poignée, assure l'assemblage de ces deux pièces.

On perce ensuite un œil dans chaque branche de la Fourchette hcze (Fig 3), en t et en u; on perce également en f la Gachette klm; puis, on enfonce une goupille dans les 3 trous t, u, f, de manière à laisser toute liberté au jeu de la Gachette. D'ailleurs cette pièce présente en m [à son extrémité] une entaille de 1 doigt de long (Fig 1).

Si donc on mesure, sur le Tiroir GD, (Fig 1 et 2), une longueur XO de 5 doigts, et qu'on pratique en O une entaille, on y pourra loger la mâchoire ezch, en la forçant jusqu'au refus.

Ensuite, au point n du Serpenteau mnx on perce un trou; on en perce un semblable au point P du tiroir GD décrit dans le premier paragraphe, en prenant ce point à 4 doigts de l [goupille de la Gachette]; puis, dans le trou P et dans l'œil n du serpenteau, on enfonce une broche autour de laquelle le serpenteau mnx joue librement.

Enfin, s'étant éloigné de la poignée abgd d'une certaine longueur XR, si l'on entaille le Tiroir en R; puis, qu'à la suite de ce point, on prenne un point S à 4 doigts ½ [de l'axe du Chien]: en entaillant en S le tiroir GD, on

---

(1) — Le sens du mot κλίσεως que j'ai traduit par celui de batterie, n'est

y pourra fixer [le Pittarium Π] mentionné au commencement de ce paragraphe, comme on le voit ici (Fig. 1 et 2).

---

pas très clair, et j'avais songé d'abord qu'il fallait y substituer le mot κινήσεως. Cependant, ne serait-ce pas une onomatopée tout à fait analogue à notre mot <u>cliquetis</u>, et que l'on pourrait rendre par le vieux mot français <u>clinquaille</u> ou <u>Cliquaille</u>? On voit en effet que les diverses pièces comprises sous cette expression générique de κλίσις sont toutes de légères pièces métalliques comparables aux capucines, boucles, etc. de nos fusils ou mousquets, et disposées, semble-t-il, de manière à donner à l'arme une sorte de sonorité pendant la manœuvre.

J'appellerai particulièrement l'attention sur la boucle située en R (Fig. 1, 2 et 5), pièce dont le texte ne fait pas mention, soit par suite d'une lacune, soit parce qu'elle n'a été ajoutée que postérieurement. Cette boucle, suivant l'opinion que je m'en suis formée, doit rester inerte et simplement couchée sur le tiroir (*) pendant le jet des flèches pour lequel le chien agit directement sur la corde. Mais pour le jet des balles ou petits boulets, on conçoit que la corde doit être relevée afin de pouvoir frapper le projectile à la hauteur de son centre de gravité. A cet effet, la tête du chien se termine en forme de piton et s'accroche ainsi après un bouton fixé au sommet de cette boucle. D'ailleurs, celle-ci est mobile autour d'une goupille enfermée par le pittarium; et d'autre part elle est tenue en équilibre entre les deux appuis qu'elle trouve, dans le haut contre la tête du chien ainsi qu'on vient de le voir, et dans le bas contre le tiroir entaillé à cet effet. Cela posé, la forme étagée de la boucle permet à la corde de s'y appuyer jusqu'à ce que le chien, en se relevant, permette à la boucle de se rabattre et à la corde de pousser le projectile en se débandant.

L'arrêt de l'arme s'effectue sans doute, soit comme à l'ordinaire au moyen d'une crémaillère indiquée dans la planche B; soit au moyen d'un bouton fixé sur la crosse, contre lequel s'accrocherait la poignée; mais ce second moyen a l'inconvénient de ne se point prêter à une tension graduée.

(*) Ou même entièrement retirée; et pour cela il suffit d'ôter la goupille. Il faut aussi, dans ce cas, donner à la corde une forme aplatie, comme celle d'une natte. Au surplus, j'ajouterai que l'interposition de la boucle présente cet inconvénient que la corde agit alors non plus par pression, mais par choc, ce qui occasionne nécessairement une perte de force vive.

§ — III.

Pl. III. Cambestria ou Ressorts (Echelle = ½)

Fig 1. Cambestria.

Fig 2. Pivot.

Fig 3. Plan d'un Collier.

Fig 4. Crapaudines.

(Supérieures)

(Inférieures)

Fig 5. Assemblage des Cambestria et des Pivots avec la Fourche du Toît.

Dessiné par M. A. Demarest.

[§ 3e. — Cambestria ou Ressorts, Pl. III.]

Passons à la construction des Cambestria [ou Ressorts].

On prend quatre lames de fer, de 20 doigts de longueur chacune, sur une largeur d'au moins 1 doigt 2/3, et d'une épaisseur suffisante pour les empêcher de fléchir trop facilement ; [puis on les assemble deux à deux en les ployant en forme de cadres].

Soient ces lames AB, GD, EZ, HC, telles que les représente le dessin (Fig. 1). Les cadres qu'elles forment ainsi portent d'ailleurs [en haut et en bas] des colliers [horizontaux] KL, MN, XO, PR, (Fig 1, 2 et 3), dont l'ouverture est de 2 doigts, la largeur de 1 doigt, et l'épaisseur égale à celle des lames principales.

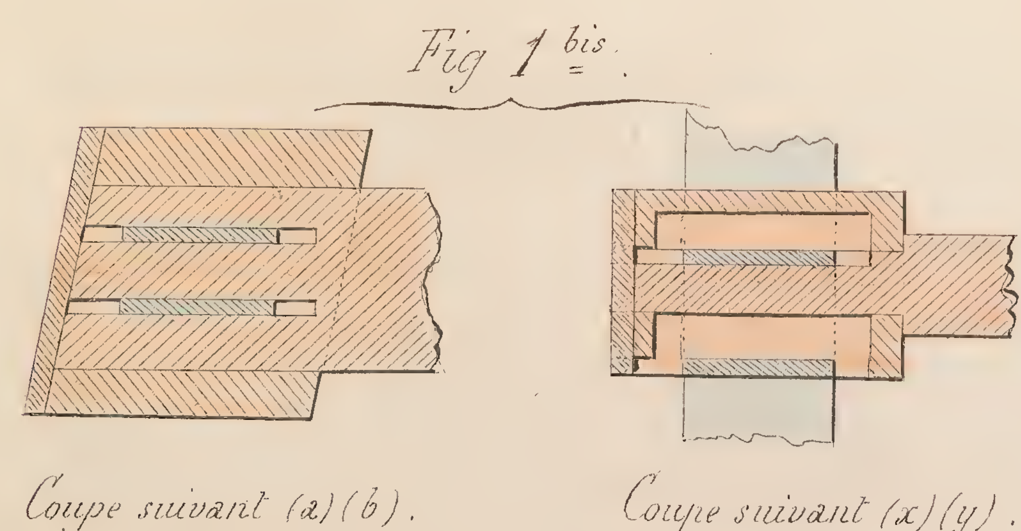
L'espacement des lames flexibles est de 3 doigts ½.

Soient en outre des oreilles [ou brides], S, T, U, F, Q, V, Y, A', faisant corps avec les lames AB, GD, EZ, HC, et ayant une ouverture de 2/3 de doigt.

Soient encore de légères crapaudines en bronze B'G', D'E', J'Z', H'C', (Fig 4), ayant chacune une longueur de 2 doigts, une épaisseur égale à celle des lames, et le diamètre intérieur égal à 1 doigt 1/3.

Ces crapaudines s'assemblent [avec les colliers cités plus haut], au moyen de rondelles notées ab, gd, ez, hc, qui entourent la surface courbe des cylindres à une distance de 1 doigt ¼ des points B', D', J', H' (Fig 4). Ces rondelles ont une largeur de 2/3 de doigt et une épaisseur égale à celle des lames ; et pour assurer l'assemblage, les crapaudines

Fig 1 bis.



Coupe suivant (a)(b). Coupe suivant (x)(y).

Nota — Cet assemblage des abouts de l'échelette avec les cambestria doit être préféré à celui que représentent les planches A, B, C, et que l'on a également suivi dans la planche IV.

Il en est de même de la variante adoptée ici pour l'assemblage entre les Cambestria et les fourches du toit du camarion : celui-ci (planche III et IV) est préférable.

B'G', D'F', J'Z', H'C', présentent des fentes transversales j, j', j'', j'''; où s'ajustent, par le côté, des clavettes m, m', m'', m''', ayant une longueur de 3 doigts et une largeur de 2/3 de doigt (Fig 2, 4 et 5).

Ayant indiqué dans mon Introduction le rôle que l'auteur parait attribuer aux Cambestria, je n'ai point à y revenir.

Seulement je signalerai cette circonstance, que dans les figures des divers manuscrits et dans l'édition de Thévenot, les <u>crapaudines</u> (κύλινδροι), les <u>rondelles</u> (κρίκοι), et les <u>clavettes</u> (καλόνια), sont assemblées par des chainons qui paraissent avoir pour but d'assurer la stabilité des pivots auxquels sont fixés les bras (*), ce qui confirme l'hypothèse que j'ai adopté sur la nature de la force motrice, tout-à-fait différente des nerfs, bien que l'on ait évidemment cherché à se rapprocher, dans la chirobaliste, de la forme des barillets et des épizygides des grandes machines:

Math. vet. — Paris: 2438, 2439, 26 Suppl. — Vienne

(*) C'est-à-dire de les empêcher de sortir de leurs crapaudines dans lesquelles ils seraient suspendus comme est le battant d'une cloche dans celle-ci.

§ – IV.

Pl. IV. Arcade et Echelette. ($\frac{1}{5}$).

Fig 1. Plan supérieur de l'Arcade.

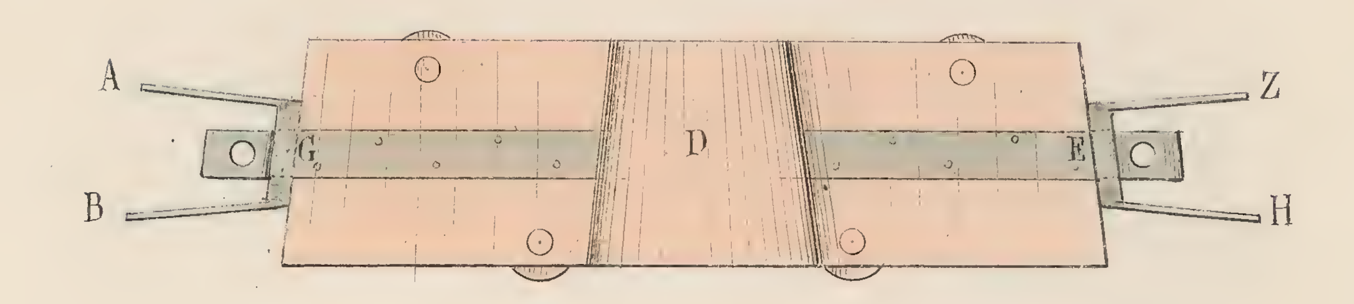


Fig 2. Elévation de l'Arcade.

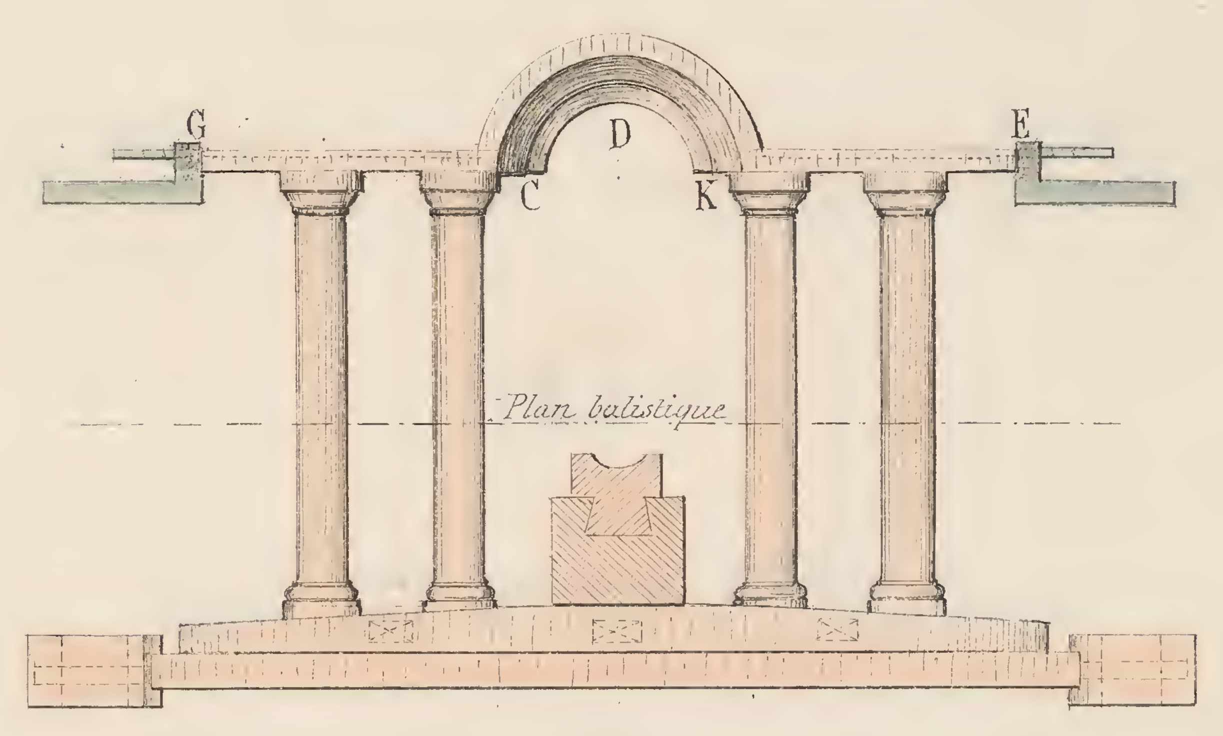


Fig 3. Plan de l'Echelette.

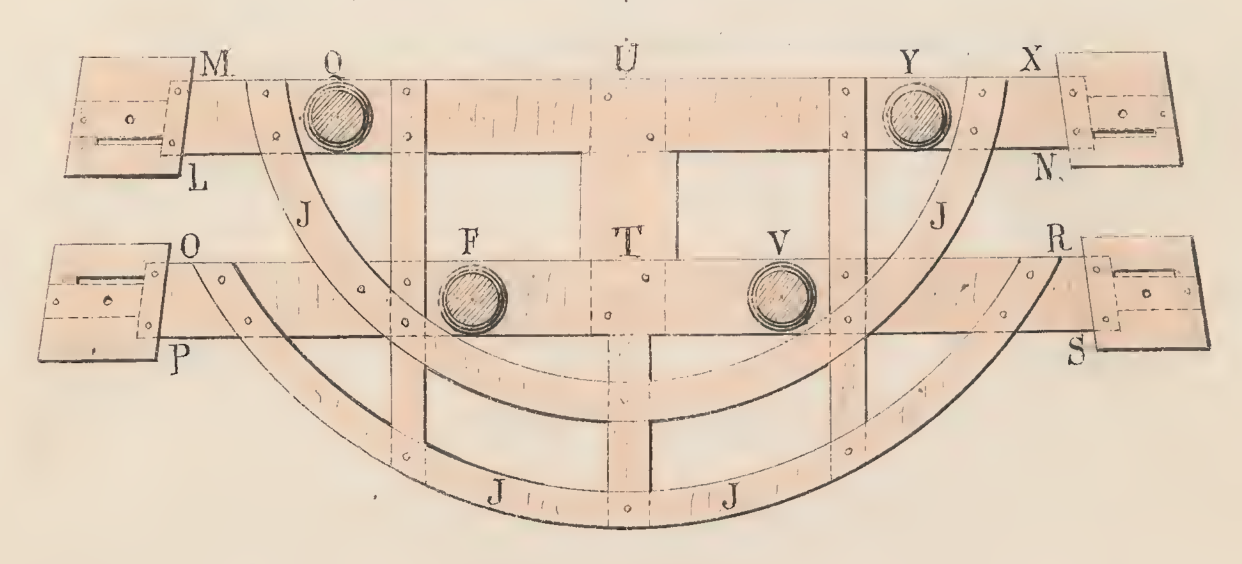
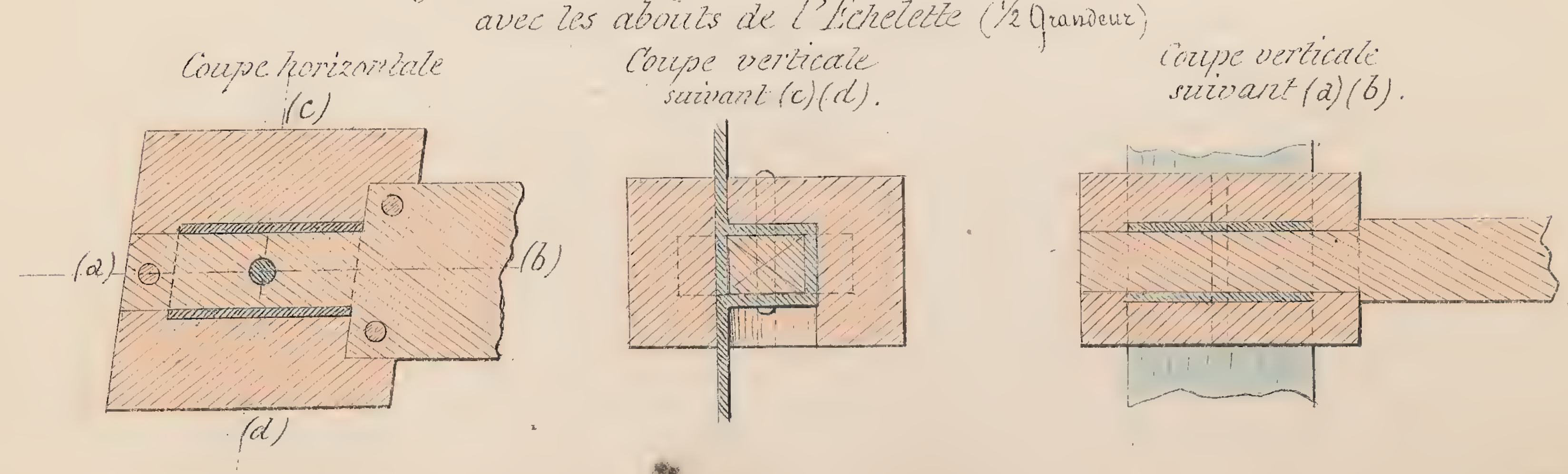


Fig 4. Assemblage des Cambestriu ou Ressorts avec les abouts de l'Echelette (½ grandeur)



[§ 4e. Arcade et Echelette. Pl. IV.]

Décrivons maintenant la partie qu'on appelle Camarion [ou Arcade]: elle est représentée en D dans les Figures (1 et 2) ci-contre. Sa longueur totale GE est de 1 pied 7 doigts ½ (= 23 doigts ½), y compris l'ouverture CK de 5 doigts.

Les branches A, B, Z, H, ont chacune la longueur de 4 doigts, et les branches G, E, chacune seulement 2 doigts (Fig 1)

Les branches A et B, Z et H, sont d'ailleurs espacées de 3 doigts ½; et toutes ces pièces ont la même épaisseur que les lames des cadres décrits plus haut.

Vient ensuite l'Echelette ou Climakion. Elle est représentée en IMNXOPRS (Fig 3) et se compose de 2 règles, l'une OPRS longue de 1 pied 10 doigts (= 26 doigts); l'autre IMNX de 1 pied 8 doigts (= 24 doigts).

La largeur de ces règles est de 2 doigts vers la partie médiane UT, et de 3 doigts ¼ aux extrémités OP, RS, IM, NX - Quant aux abouts saillants, leur épaisseur est de 2 doigts. (1)

Maintenant, sur chacune des règles IMNX et OPRS, on prend 3 points équidistants F, T, V; Q, U, Y; vis-à-vis des points milieux T, U, on pratique [horizontalement] deux mortaises rectangulaires; et, sur les 4 autres F, Q, V, Y, on perce des trous cylindriques [verticaux].

Soit d'ailleurs une traverse TU, longue de 3 doigts sans compter les tenons, et large de 2 doigts ½; puis, quatre supports F, Q, V, Y, hauts de 13 doigts sans compter les tenons (2), et larges de 2 doigts ½.

La traverse et les 4 supports s'adaptent dans les mortaises et dans les trous ronds pratiqués sur les longerons de l'Echelette; et les tenons se consolident au moyen de chevilles qui, donnant au châssis une rigidité suffisante, maintiennent l'écartement normal des longerons à 3 doigts.

Enfin, sur ces longerons IN et OR sont cloués, de chaque côté [de l'axe de l'arme], des liens [courbés] J, J, J, J, ayant une largeur (3) de 1 doigt et une épaisseur proportionnée. Ces liens sont d'ailleurs assemblés [à tenons] par le milieu, et sont distants l'un de l'autre de 2 doigts ½.

---

(1) — Ces - 2 - doigts d'épaisseur doivent être les dimensions verticales des 4 pièces, ce que

l'on vérifie de la manière suivante : Si l'on suppose qu'il y ait égalité entre toutes les faces latérales des abouts, et par conséquent aussi entre leurs bases, en ajoutant $3/4 \times 2 = 6\,1/2$ doigts, double de leur longueur commune, à la longueur moyenne des longerons, c'est-à-dire à 25, on a 31 doigts ½ ; et d'un autre côté, si l'on ajoute 23 doigts ½, longueur de la partie médiane du toit, au double de la longueur des dents extérieures des fourches, c'est-à-dire à $4 \times 2 = 8$, on a également 31 ½ doigts.

1° — Échelette —	Longueur moyenne des longerons	= 25 doigts
	Longueur des abouts saillants	= 6 ½
	Total	31 ½
2° — Toit —	Longueur de la partie médiane	= 23 ½
	Longueur des fourches	= 8
	Total égal	31 ½

D'ailleurs, j'ai déjà averti que l'assemblage entre les Cambestria et les abouts de l'échelette tel qu'il est représenté planche III, devait être préféré à celui que l'on voit ici.

(2) — Le grec porte 3 doigts ($\overline{\gamma}$ au lieu de $\overline{\iota\gamma}$), sans doute par suite d'une faute de copiste ou d'une altération du manuscrit primitif. La disparition de la lettre ι se conçoit sans peine, et c'est un accident tellement naturel et même prévu, que les mathématiciens grecs, pour s'en garantir, n'employaient jamais ce caractère dans les légendes de leurs figures ; mais dans les calculs, il était impossible de l'éviter. D'ailleurs la hauteur de 13 doigts, assignée à l'embrasure, répond exactement aux autres proportions de l'arme, dont l'axe balistique se trouve ainsi à mi-hauteur de cette embrasure (Voir la Note du § 1er).

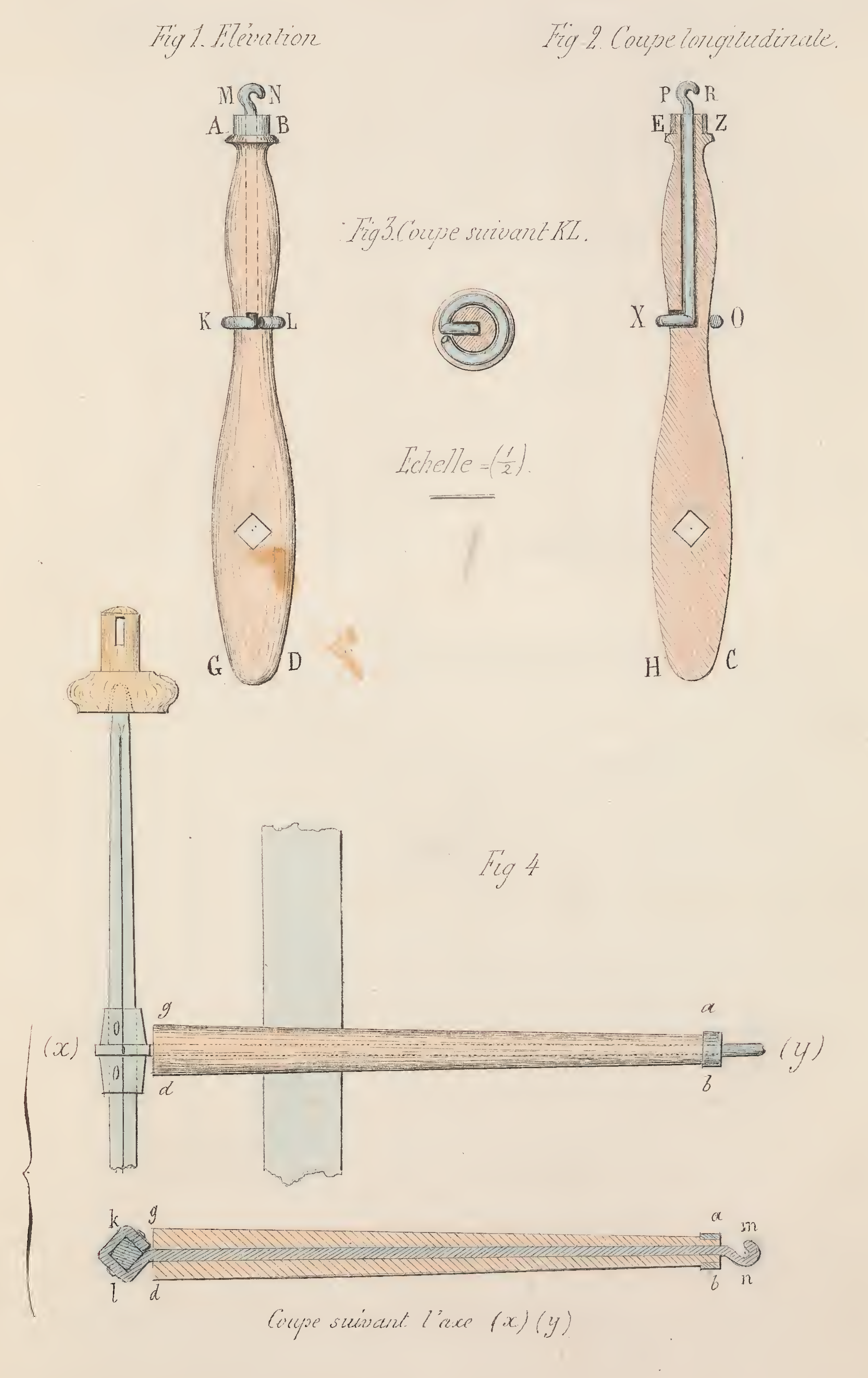
Il y a encore une autre vérification fondée sur ce que les lames des Cambestria sont longues de 20 doigts et qu'elles sont deux à deux à une distance mutuelle de 3 doigts.

En effet, si l'on suppose qu'elles se recouvrent mutuellement (haut et bas) de 2 doigts, et que de la longueur . . . . . 20 doigts
on retranche 2 fois ce recouvrement . . . 4
il reste 16
d'où retranchant . . 13
il reste 3 tant pour la courbure que pour la quantité dont ces ressorts dépassent, en haut, la voûte, et en bas, l'échelette, ce qui est tout à fait dans les vraisemblances.

(3) — Le grec dit longueur ; mais un doigt ne peut ici désigner que la largeur.

§ — V

Pl.V. Conoïdes.



Dessiné par MM. V-P. et A-D.

[§ 5e. Conoïdes.[1] Pl. V.]

Soient enfin deux Conoïdes désignés par les lettres ABGD et EZHC, ayant une longueur de 11 doigts (Fig 1 et 2).

Ces Conoïdes ont ½ doigt de diamètre aux sommets AB et EZ, et 1 doigt aux bases GD et HC. Ils présentent, suivant leur longueur, deux canaux de forme carrée, et sont munis de viroles aux sommets AB et EZ.

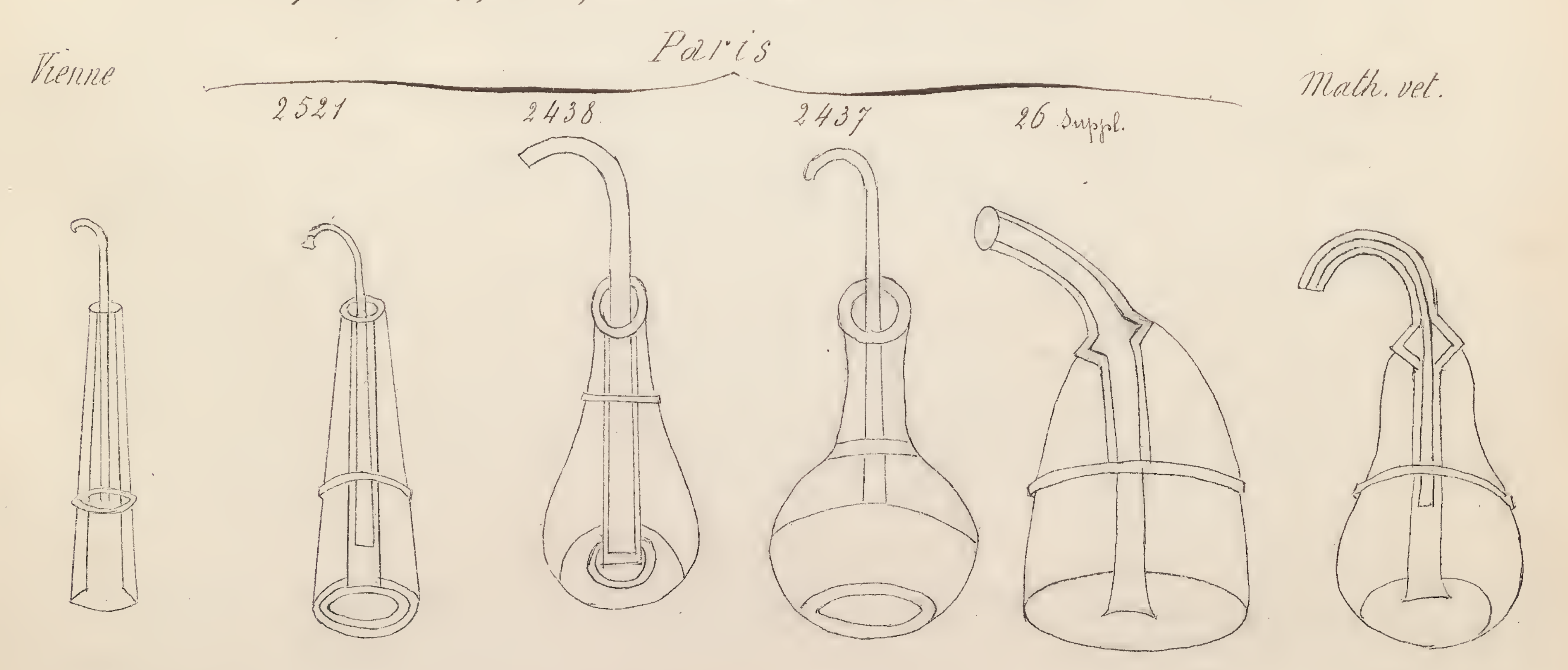
Cela posé, des broches [de fer] sont conjuguées avec des anneaux qui sont portés à l'extérieur sur les pièces présentant les canaux et les viroles; et elles-mêmes jouent librement dans le creux des canaux et des viroles [des Conoïdes].

Soient KLMN et XOPR les broches, KL et XO les anneaux qui leur sont conjugués.

Ces broches se terminent d'ailleurs en crochets recourbés aux extrémités MN et PR, sur une longueur de ½ doigt.

---

(1) — Je crois utile de donner ici le calque de quelques unes des figures que les manuscrits attribuent à l'organe représenté dans ce paragraphe, et d'après lesquelles on peut être porté à supposer que la machine était aérotone :



Dans l'hypothèse que j'ai adoptée, les tiges, par leur mouvement de va-et-vient dans l'intérieur des bras (Fig. 1 et 2), ont pour but de permettre à

ceux-ci de s'allonger ou de se raccourcir de manière à tenir la corde tendue tout le temps que le projectile reste soumis à son impulsion c'est-à-dire à son contact immédiat. Quant à l'anneau (Fig. 3), je le suppose ouvert, et susceptible, par son élasticité, d'exercer, à la faveur de la forme de la surface, une action rétractive sur cette corde qui formerait ainsi, en quelque sorte, conjointement avec le bras, un levier extensible et rétractile.

En même temps, cette manière de voir entraine le renversement des bras et leur direction de dehors en dedans, tout au contraire de la disposition des machines ordinaires.

Mais il est bon d'ajouter à cet égard, que la disposition ainsi adoptée est justifiée par les figures de la colonne Trajane et autres représentations que l'on trouve à la suite de la Notice de l'empire (Notitia imperii), lesquelles ne laissent voir à l'extérieur aucune trace de bras ou de cordes, et où, comme dit le texte, « la
» machine lance des flèches, non au moyen de cordes, mais au
» moyen de rais »: hoc balistæ genus sagittas ex se non ut aliæ funibus sed radiis ejaculatur.

Enfin, si l'on se décide à ne tenir aucun compte des figures des manuscrits et à s'en rapporter uniquement au texte, les conoïdes prendront tout simplement la forme représentée dans la figure 4 (*) et deviendront des leviers du second genre, au lieu de leviers du premier genre qu'ils sont dans le premier système.

(*) C'est du reste ce que parait confirmer complètement le manuscrit de Vienne, dont je n'ai pu obtenir la collation que lorsque mon travail était presque entièrement terminé.

Tableau résumé des dimensions de la Chirobaliste.

Désignation des pièces de l'Arme	Nombre des parties semblables	Dimensions: Longueur	Dimensions: Largeur ou Diamètre	Dimensions: Épaisseur ou hauteur	Distance ou Espacement	Observations
		doigts.	doigts.	doigts.	doigts.	
§ 1.						
Pièce à coulisse	1	52 "	3 1/2	3 "	" "	
Rainure en queue d'hironde . . .	1	46 "	" "	1 1/5	" "	
Renflement sous la coulisse	1	7 "	" "	1 1/2	" "	
Distance du renflement à la crosse .	1	" "	" "	" "	28 "	
——— idem ——— à l'autre bout	1	" "	" "	" "	17 "	
Tiroir	1	48 "	2 1/2	1 1/4	" "	
Languette	1	48 "	" "	1 1/5	" "	
Rainure pour la flèche	1	34 "	" "	" "	" "	
§ 2.						
Distance du bout du tiroir à l'axe de la gachette	1	" "	" "	" "	5 "	
——— id ——— id — du chien .	1	" "	" "	" "	9 "	
——— id ——— au puttarium .	1	" "	" "	" "	13 "	
§ 3.						
Cambestria	4	20 "	1 2/3	flexible	3 1/2	par couples
Colliers transversaux (haut et bas) . . .	4	2 "	1 "	— id —	" "	
Trous des oreilles latérales	4	" "	" 2/3	" "	" "	
Crapaudines en bronze	4	2 "	" "	flexible	" "	
Diamètre intérieur	4	" "	1 1/3	" "	" "	
Rondelles	4	" "	" 2/3	flexible	" "	
Distance des rondelles au sommet (des crapaudines . .	4	" "	" "	" "	1 1/4	
Clavettes	4	3 "	" 2/3	flexible	" "	
§ 4.						
Arcade ou toit	1	23 1/2	" "	" "	" "	
Ouverture de la petite voûte	1	5 "	" "	" "	" "	
Branches aux angles du toit	4	4 "	" "	flexible	" "	
Branches intermédiaires	2	2 "	" "	— id —	" "	
Espacements des branches d'angle .	2	" "	" "	" "	3 1/2	par couples
Longerons de l'échelette: { grand . . .	1	26 "	2 "	" "	" "	
Longerons de l'échelette: { petit . . .	1	24 "	2 "	" "	" "	
Renflements aux abouts	4	" "	3 1/4	2 "	" "	
Espacement des longerons	1	" "	" "	" "	3 "	
Traverse centrale de l'échelette	1	3 "	2 1/2	" "	" "	
Colonnettes intermédiaires	4	13 "	2 1/2	" "	" "	
Arcs de consolidation	2	" "	1 "	" "	2 1/2	
§ 5.						
Bras en forme de conoïdes	2	11 "	" "	" "	" "	
Diamètre aux extrémités: { petit . . .	2	" "	" 1/2	" 1/2	" "	
Diamètre aux extrémités: { grand . . .	2	" "	1 "	1 "	" "	
Saillie des crochets extrêmes	2	" 1/2	" "	" "	" "	

Note

Note

sur le calibre de la Chirobaliste.

Les dimensions des catapultes ordinaires s'évaluent par la longueur du trait, et celles des balistes par le poids du projectile que la machine doit lancer.

De l'une ou de l'autre de ces données on déduit le diamètre du trou dans lequel doit passer l'écheveau de nerfs nommé ton dont l'élasticité constitue la force motrice de la machine; et c'est ce diamètre qui sert de module pour la détermination de toutes les dimensions des diverses pièces.

Notre texte ne faisant mention ni de l'un ni de l'autre de ces éléments fondamentaux, poids ou longueur, il est nécessaire de suppléer au silence de l'auteur par quelque moyen indirect.

Pour cela, considérons d'abord la machine comme appartenant au genre catapulte, et cherchons à déterminer la longueur du trait. Le moyen qui se présente est très simple, c'est de faire de cette longueur le quatrième terme d'une proportion dans laquelle les autres termes seront la longueur du trait d'une catapulte ordinaire d'un calibre donné, puis deux dimensions analogues de la chirobaliste et de cette catapulte prise pour terme de comparaison. Par exemple, prenons la longueur du fut (AB Pl. I): Philon donne pour cette longueur 16 modules, tandis qu'à la vérité Vitruve en donne 19; mais c'est que Vitruve considère la longueur entière de cette crosse, tandis que Philon ne prend que la longueur de la rainure, puisqu'en effet Vitruve donne aussi 16 pour la longueur de ce canal. Ceci posé, le trait de la chirobaliste ayant 48 doigts, on pourra prendre pour le premier rapport de la proportion celui de 16 à 48. Comme d'ailleurs le module de la catapulte est le 9.e de la longueur du trait, il s'ensuit que

la proportion à établir est

$$16^m : 48^d :: 9^m : x = 27 \text{ doigts } (= 1/2 \text{ mètre environ})$$

ce sera donc là une longueur vraisemblable du trait. Pourtant cette évaluation paraît un peu faible si l'on considère la hauteur de la machine qui est de 4 modules dans Vitruve, et de 3 ½ dans Philon, tandis que nous avons trouvé 13 doigts pour la hauteur de la nôtre. Les 27 doigts (= 9×3) seraient donc insuffisants(1): tout ce qu'il est possible de dire de plus précis serait que la longueur du trait est de 27 à 30 doigts. En résumé, les dimensions sont inférieures à celles de la machine que l'on prend ordinairement pour type du petit calibre, savoir la machine de 3 spithames ou 36 doigts; et la chirobaliste en serait les 3/4 en prenant l'évaluation minimum. Quant au module ou trou d'une machine ordinaire comparable à la nôtre, ce serait le 9e de 27, ou 3 doigts.

Voyons maintenant, en considérant la machine comme une baliste, quel serait le poids de la balle qu'elle pourrait lancer.

D'après la théorie exposée par Héron et Philon, il faut, en représentant par x ce poids exprimé en drachmes ou centièmes de la mine, poser l'équation $\frac{11}{10}\sqrt[3]{x} = 3$, le second membre exprimant le module déterminé ci-dessus. De là on tire

$$x = \left(\frac{30}{11}\right)^3 = 20 \text{ drachmes } \underline{\text{approximativement}},$$

ou 1/5 de mine: (environ 6 décagrammes ½, la mine valant 324 grammes).

Maintenant, si l'on veut savoir de même quel diamètre aurait approximativement une pierre sphérique de ce poids, en granit, marbre, silex, etc., supposons la densité d'une semblable pierre moyennement égale à 2,75 $\left(= \frac{11}{4}\right)$, ce qui s'écarte peu de la vérité; nous aurons, en représentant par $\underline{d}$ le

(1) – En effet, 13 : 4 ou 13 : 3½ étant > 3, il s'ensuit: … $x > 9 \times 3 \; (= 27)$.

diamètre de la sphère supposé et par π le rapport de la circonférence au diamètre,

$$\frac{\pi}{6} d^3 \times \frac{11}{4} = 20 \ ;$$

d'où, faisant grosso modo $\pi = 3$,

$$d^3 = \frac{160}{11} \text{, ou } d = 2^{\text{dgts}},5$$ (soit 5 centimètres, à peu près).

Il est bien clair d'ailleurs que ces évaluations ne se rapportent en réalité qu'à une machine de pareille dimension dont la force motrice serait celle du nerf, et que pour tirer quelque conclusion rigoureuse, il faudrait pouvoir y comparer la force des ressorts métalliques auxquels la chirobaliste emprunte la sienne. Or, à vrai dire, l'expérience seule peut déterminer l'épaisseur et la force qu'il convient de donner à ces derniers pour égaler ou surpasser dans un rapport déterminé la puissance des machines névrotones. Quoiqu'il en soit, ces dernières avaient le défaut, signalé par Philon[1], d'être facilement mises hors de service par les influences atmosphériques, comme les anciens l'avaient bien reconnu[2]; et il n'est pas étonnant que l'on ait cherché les moyens d'obvier à ce grave inconvénient.

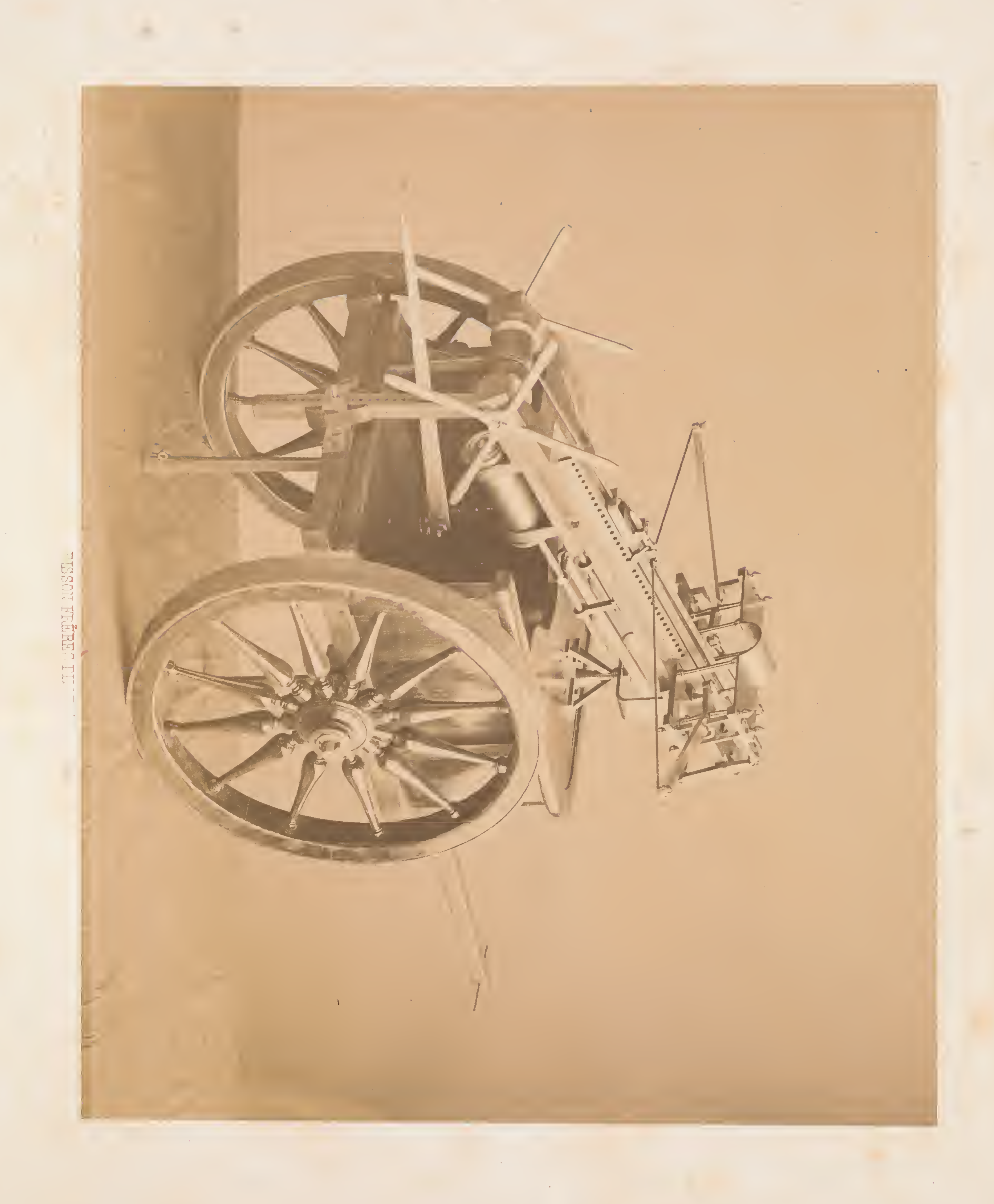
---

(1) Mathem. vet. p. 72 ; § VI de ma traduction.

(2) C'est ce que confirme un passage d'Eutrope rappelé par M. Maissiat dans son Mémoire (lu à l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres) sur les 1re et 7e campagnes de César en Gaule : Quod (oppidum Genabum) diu oppugnatum, tandem . . . . . . pluvio die, cum hostilium machinarum amenta nervique languerent . . . . . captum atque deletum est (Eutropii epitome belli Gallici, en tête des Commentaires de César, PARIS, Marnef, 1564, p. 55). — Voyez encore dans Florus (Rerum à Rom. gest. lib. II, cap. 8) le récit de la défaite d'Antiochus : . . . . . imbre, qui subito superfusus . . . . . Persicos arcus corruperat etc.

T. S. V. P.

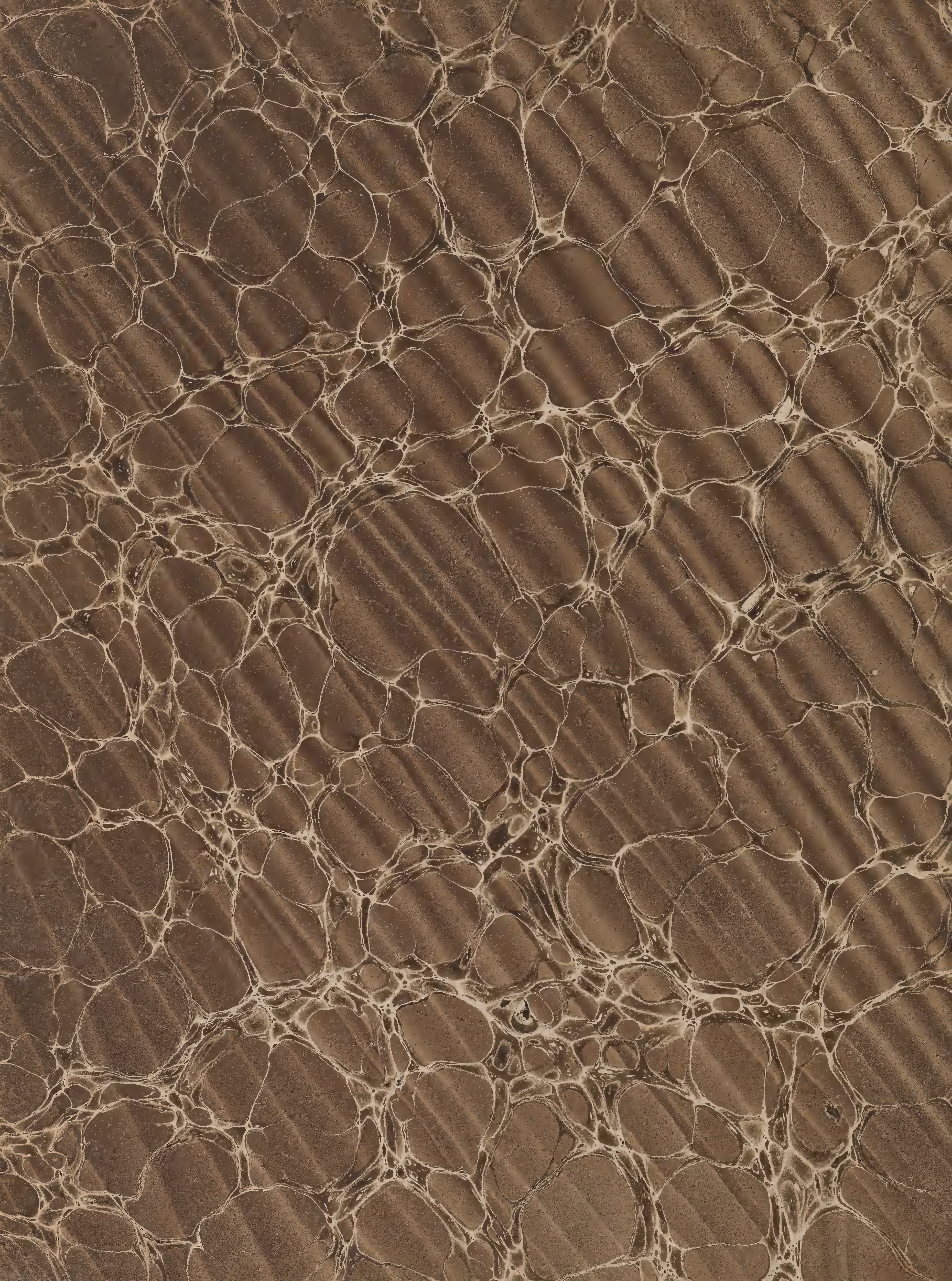
Les dimensions récapitulées au tableau donné ci-dessus (Folio 21) ont en partie servi de guide pour la construction d'une petite catapulte, à la fois chalcotone et aérotone, représentée dans la planche ci-contre. — (Voir fol. 6, r°, note 1.)

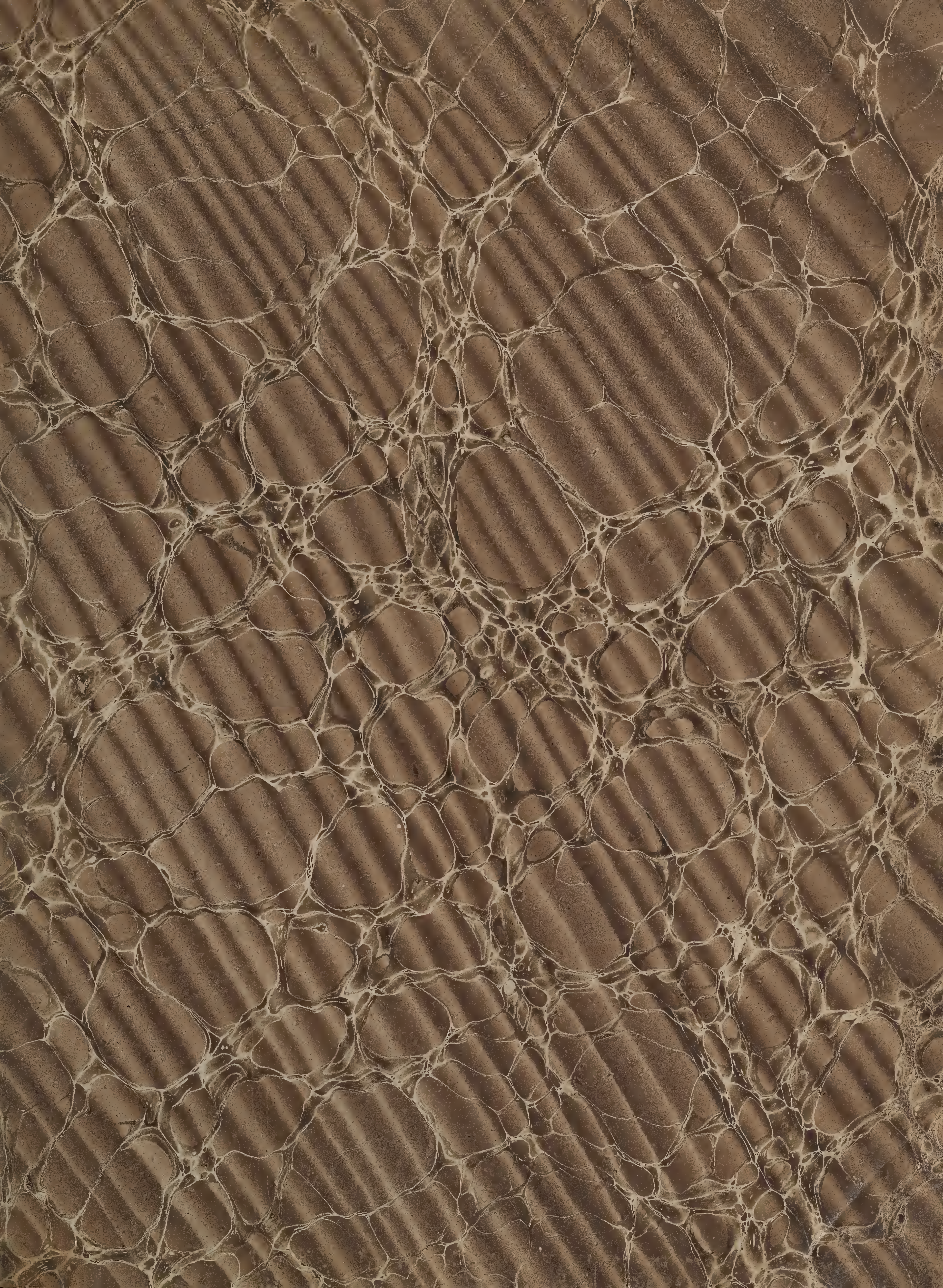


2 pl.

120

~~111~~






SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00331207 1
nmahrb MSS271 B
Essai de restitution de la chirobaliste